

**UNITED STATES PATENT & TRADEMARK OFFICE**

Re: Application of: **Horst BANSEMIR et al.**

Serial No.: To Be Assigned

Filed: Herewith

For: **IMPACT-ABSORBING, LOAD-LIMITING  
CONNECTION DEVICE AND ROTARY WING  
AIRCRAFT HAVING SUCH A CONNECTION  
DEVICE**

**LETTER RE: PRIORITY**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

October 22, 2003

Sir:

Applicant hereby claims priority of German Application Serial No. 102 49 517.3, filed 23 October 2002. A certified copy of the priority document is enclosed.

Respectfully submitted,  
DAVIDSON, DAVIDSON & KAPPEL, LLC

By \_\_\_\_\_  
Cary S. Kappel  
Reg. No. 36,561

Davidson, Davidson & Kappel, LLC  
485 Seventh Avenue, 14<sup>th</sup> Floor  
New York, New York 10018  
(212) 736-1940

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 49 517.3

**Anmeldetag:** 23. Oktober 2002

**Anmelder/Inhaber:** EUROCOPTER DEUTSCHLAND GmbH,  
Donauwörth/DE

**Bezeichnung:** Stoßabsorbierende, lastbegrenzende  
Verbindungsvorrichtung sowie Drehflügel-  
flugzeug mit einer solchen Verbindungsvorrichtung

**IPC:** F 16 F, B 64 C

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 11. September 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Stanschus'.

Stanschus

5

**Stoßabsorbierende, lastbegrenzende Verbindungsvorrichtung  
sowie  
Drehflügelflugzeug mit einer solchen Verbindungsvorrichtung**

10

**TECHNISCHES GEBIET**

15

Die vorliegende Erfindung betrifft eine stoßabsorbierende, lastbegrenzende Verbindungsvorrichtung, insbesondere zum Verbinden von Komponenten oder Baugruppen eines Drehflügelflugzeugs, sowie ein Drehflügelflugzeug mit einer solchen Verbindungsvorrichtung.

**STAND DER TECHNIK**

20

25

30

Sowohl in der Automobil- als auch in der Luftfahrttechnik sind in den vergangenen ca. 30 Jahren große Anstrengungen unternommen worden, die Crashesicherheit von Automobilen und Luftfahrzeugen zum Schutz der Passagiere im Falle eines Unfalls, einer harten Notlandung oder eines Absturzes zu verbessern. An die Crashesicherheit von Luftfahrzeugen wird eine besonders hohe Anforderung gestellt, da diese Fahrzeugart im Vergleich zu Automobilen im Falle eines Crashes weitaus größeren Belastungen ausgesetzt ist. Bisherige Entwicklungen im Luftfahrzeugbereich richteten sich primär darauf, die Unterbodenstrukturen von Verkehrsflugzeugen und von Hubschraubern crash-sicherer zu gestalten. Hierbei kommen vermehrt Faserverbundtechniken zur Anwendung, insbesondere Kohlefaserverbunde mit Kevlarverbunden als Oberflächenschutz.

Von Luftfahrzeugen sind im Falle eines Crashes Drehflügelflugzeuge, wie zum Beispiel Hubschrauber, aufgrund ihrer konstruktiven und flugspezifischen Besonderheiten im Vergleich zu konventionellen Tragflächenflugzeugen besonders gefährdet.

5

Während Tragflächenflugzeuge im Crashfall in der Regel einen gegenüber der Horizontalen relativ flachen Aufschlagwinkel einnehmen, ist der Aufschlagwinkel bei Drehflügelflugzeugen bzw. Hubschraubern in der Regel recht steil und kann einen Wert von  $90^\circ$  annehmen (senkrechter Aufschlag). Die bei einem Crash jeweils auftretenden Hauptbelastungsrichtungen bzw. Stoß-Hauptrichtungen sind bei den genannten Luftfahrzeugarten ergo sehr unterschiedlich. Anders als bei Tragflächenflugzeugen sind bei Drehflügelflugzeugen bzw. Hubschraubern zum Beispiel auch massive und schwere Strukturkomponenten, wie Getriebe, Triebwerk(e) und Rotor(en) üblicherweise an oder auf der Oberseite der Fluggastzelle angeordnet. Bei einem Crash entstehen hohe Beschleunigungen und Kräfte an diesen oben liegenden Strukturkomponenten, welche somit die Zelle und die in der Zelle befindlichen Fluggäste stark gefährden. Die im Crashfall erzeugten hohen Lasten müssen durch die im normalen Betrieb weitaus geringer belasteten Zellenstrukturen, wie zum Beispiel Spante, übertragen und aufgenommen werden. Hierzu sind massive Strukturverstärkungen notwendig, die zu unerwünschten hohen Strukturgewichten führen. Es wäre daher erstrebenswert, die Crashsicherheit erhöhen und das Strukturgewicht reduzieren zu können.

10

15

20

25

30

Es ist ferner zu berücksichtigen, dass bei konventionellen Luftfahrzeugen, insbesondere bei Drehflügelflugzeugen, selbst im Falle eines leichteren Crashes nicht unerhebliche Beschädigungen an sogenannten Primärstrukturen, wie beispielsweise der Zelle, oder anderen, nicht unmittelbar durch einen direkten Aufschlag oder dergleichen betroffenen Komponenten auftreten. Diese Bauteile müssen nach dem Crash daher ebenfalls ausgetauscht werden, was zu extrem hohen Reparaturkosten oder letztendlich sogar einem Totalschaden führt. Es wäre daher wünschenswert, auch im Falle eines leichteren Crashes die Schadensintensität reduzieren bzw. den Schaden begrenzen zu können.

## DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Der Erfindung liegt die Aufgabe beziehungsweise das technische Problem zugrunde,  
5 eine Verbindungsvorrichtung zu schaffen, welche eine hinsichtlich der Crash-Sicherheit verbesserte Verbindung von zwei oder mehreren Bauteilen oder Komponenten ermöglicht und welche insbesondere für luftfahrttechnische Anwendungen geeignet ist. Ferner soll ein hinsichtlich der Crash-Sicherheit verbessertes Drehflügelflugzeug mit einer derartigen Verbindungsvorrichtung  
10 bereitgestellt werden.

Diese Aufgabe wird gemäß einem ersten Aspekt gelöst durch eine erfindungsgemäße stoßabsorbierende, lastbegrenzende Verbindungsvorrichtung, umfassend:

15 mindestens eine erste und mindestens eine zweite Verbindungsstruktur, die relativ zueinander beweglich sind;

eine Führungseinrichtung, welche die relativ zueinander beweglichen Verbindungsstrukturen in einer vorbestimmten Längsbewegungsrichtung, welche im Wesentlichen einer Stoß-Hauptrichtung entspricht, führt und mindestens ein  
20 bezogen auf die Längsbewegungsrichtung querkraftaufnehmendes Führungselement besitzt; und

mindestens ein stoßabsorbierendes, stoßlastbegrenzendes Opferelement, welches von einem Querlastpfad des querkraftaufnehmenden Führungselementes entkoppelt zwischen der mindestens einen ersten und der mindestens einen zweiten  
25 Verbindungsstruktur angeordnet und bei Erreichen einer vorbestimmten, in Längsbewegungsrichtung wirkenden Maximallast infolge einer zwischen den Verbindungsstrukturen auftretenden Relativbewegung verformbar und zerstörbar ist.

Die mindestens zwei Verbindungsstrukturen dienen zunächst einmal dazu,  
30 mindestens zwei Bauteile oder Komponenten, zum Beispiel eine Triebwerks-Getriebeeinheit und die Zelle eines Drehflügelflugzeugs, unter normalen Belastungsbedingungen sicher miteinander zu verbinden. Sofern die Maximallast

nicht überschritten wird, sind die mindestens zwei Verbindungsstrukturen vorzugsweise derart miteinander verbunden, dass keine Relativbewegung zwischen ihnen stattfindet. Es ist jedoch grundsätzlich denkbar, auch unterhalb der Maximallast eine Relativbewegung zwischen den mindestens zwei Verbindungsstrukturen zuzulassen, zum Beispiel mit Hilfe eines zwischengeschalteten Feder-Dämpfersystems oder dergleichen. Jede der Verbindungsstrukturen besitzt zweckmäßigerweise mindestens einen Befestigungsabschnitt für diejenige Komponente, die mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einer anderen Komponenten zu verbinden ist, bzw. für ein etwaiges, diesen Komponenten zwischengeschaltetes Verbindungsmittel.

Die für die Relativbewegung der Verbindungsstrukturen vorbestimmte Längsbewegungsrichtung kann konstruktiv festgelegt werden, da die Hauptbelastungsrichtung bzw. die Stoß-Hauptrichtung in einem crashgefährdeten System, zum Beispiel einem Hubschrauber, aufgrund bekannter Crash-Charakteristiken (s.o.) in der Regel bekannt ist.

Das querkraftaufnehmende Führungselement nimmt quer bzw. seitlich zur Längsbewegungsrichtung wirkende Belastungen bzw. Kräfte auf, wie sie in der Praxis insbesondere aus seitlich bzw. quer zur Längsbewegungsrichtung gerichteten Kraftkomponenten einer crashbedingten Stoßbelastung resultieren, die nicht exakt parallel zur Längsbewegungsrichtung verläuft.

Das Opferelement, bei dem es sich faktisch um ein austauschbares Einwegelement handelt, entfaltet seine stoßabsorbierende, stoßlastbegrenzende Wirkung vorzugsweise erst bei Erreichen bzw. Überschreiten der in Längsbewegungsrichtung wirkenden Maximallast. Unterhalb der Maximallast ist das Opferelement zweckmäßigerweise belastungsfrei. Das Opferelement ist bevorzugt so konstruiert und angeordnet, dass es durch die besagte Maximalkraft ausschließlich axial druckbelastet wird. Grundsätzlich ist es jedoch auch denkbar, das Opferelement auf Zug zu belasten.

Das Opferelement ist, wie bereits erwähnt, von dem Querlastpfad des querkraftaufnehmenden Führungselementes entkoppelt. Dies bedeutet, dass das Opferelement sowohl unter normalen Belastungsbedingungen als auch im Crashfall im wesentlichen frei von auf die Verbindungsvorrichtung bzw. deren Einzelteile wirkenden Quer- bzw. Seitenkräften ist. Diese Entkopplung wird zumindest für den Crashfall durch das querkraftaufnehmende Führungselement gewährleistet; unter normalen Belastungsbedingungen können ggf. auch andere Bauteile der Vorrichtung quer- bzw. seitenkraftabtragende Funktionen übernehmen.

Die Entkopplung stellt sicher, dass das Opferelement im Crashfall auch bei einer unsymmetrischen bzw. schräg gerichteten Stoßbelastung, wie sie in der Praxis in der Regel vorkommt, lediglich in einer vorbestimmten Richtung, nämlich in Längsbewegungsrichtung, belastet wird und die auftretenden Kräfte optimal aufnehmen und stoßabsorbierend und lastbegrenzend wirken kann. Die Erfinder haben erkannt, dass bestimmte, höchst effektive stoßabsorbierende und lastbegrenzende Opferelemente sehr empfindlich gegenüber nicht-axialen Beanspruchungen sind und deshalb ihre positive Wirkung ohne weitere zusätzliche Maßnahmen nicht hinreichend entfalten können. Erst die zuvor genannte Entkopplung ermöglicht es, diese besonders effektive Art von Opferelementen zu verwenden, wie nachfolgend noch näher erläutert werden wird.

Die Maximallast, bei welcher das Opferelement infolge einer Relativbewegung zwischen den Verbindungsstrukturen durch direkte oder indirekte Einwirkung derselben zerstört wird, lassen sich aufgrund der Materialeigenschaften des Opferelementes sowie dessen Abmessung bzw. Dimensionierung festlegen. Ebenso können die Lastbegrenzungs- und Stoßabsorptionseigenschaften des Opferelementes vorbestimmt werden. Andere Teile der Vorrichtung, in der das Opferelement eingebaut ist, sind auf diese Eigenschaften des Opferelementes entsprechend abzustimmen.

30

Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfasst also zwei besondere Teilstrukturen, die jeweils eine spezielle Aufgabe übernehmen. Die erste Teilstruktur ist das

stoßabsorbierende, lastbegrenzende Opferelement, das unter einer Belastung, die parallel zur Längsbewegungsrichtung wirkt, ein gutes Kraftspitzenverhältnis und Last-Verformungsverhalten bei vorgegebener Maximallast und/oder Verformung besitzt. Als Kraftspitzenverhältnis bezeichnet man hierbei das Verhältnis zwischen maximal auftretender und mittlerer Last.

Die zweite Teilstruktur, nämlich die Führungseinrichtung mit ihrem mindestens einen querkraftaufnehmenden Führungselement, kann seitliche Querlasten bei sehr geringen seitlichen Verformungen übertragen. Zusätzlich kann die Führungseinrichtung die axialen, d.h. in Längsbewegungsrichtung erfolgenden Verformungen der ersten Teilstruktur (Opferelement) mitmachen bzw. diesen Verformungen bis zur Zerstörung des Opferelementes folgen. Die zweite Teilstruktur hat also während des Crash-Vorgangs seitliche Führungseigenschaften.

Diese Führungseigenschaften und die daraus resultierende Entkopplung des Opferelementes von Seiten- bzw. Querkrafteinwirkungen wiederum gestattet es erst, besonders effektive Opferelemente optimal einzusetzen, welche über ein gutes Kraftspitzenverhältnis bei geringem Gewicht und hoher spezifischer Energieaufnahme verfügen (unter der spezifischen Energieaufnahme ist hierbei die Energieaufnahme des Opferelementes geteilt durch das „gecrashte“ Gewicht zu verstehen). So können im Rahmen der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Beispiel rohrförmige Opferelemente, insbesondere zylindrische Faserverbundrohre eingesetzt werden, die, wenn sie während des Crashvorgangs seitlich geführt sind, das beste Kraftspitzenverhältnis bei sehr geringem Gewicht und höchster spezifischer Energieaufnahme ermöglichen. Seitlich wirkende Querlasten und Verschiebungen würden sich hingegen nachteilig auf die Wirkungsweise derartiger rohrförmiger Opferelemente auswirken. Dies wird durch die erfindungsgemäße Lösung jedoch wirkungsvoll vermieden, da aufgrund der besagten Entkopplung bzw. seitlichen Führung die Belastung während des Verformungs- und Zerstörungsvorgangs genau axial (d.h. parallel zur Längsbewegungsrichtung) und zentrisch erfolgen kann.



Somit wird durch das Zusammenwirken zweier Teilstrukturen, die spezielle Eigenschaften haben, im Crashfall eine sehr effektive Stoßabsorption sowie eine begrenzte Lastübertragung auf andere Strukturen verwirklicht, was eine beachtliche Schadensreduzierung und -begrenzung ermöglicht. Dies gilt gleichermaßen für den  
5 Fall eines schweren als auch leichten Crashes.

Insbesondere bei leichteren Crashes lassen sich jedoch mit Hilfe der erfindungsgemäßen Vorrichtung und dem stoßabsorbierenden, stoßlastbegrenzenden Opferelement Beschädigungen an Primärstrukturen, wie  
10 beispielsweise der Zelle eines Hubschrauber, oder anderen, nicht unmittelbar durch einen direkten Aufschlag oder dergleichen betroffenen Komponenten, wirkungsvoll vermeiden. Denn es wird lediglich das Opferelement verformt und zerstört. Hierbei absorbiert das Opferelement aufgrund seines guten Kraftspitzenverhältnisses und der hohen spezifischen Energieaufnahme einen Großteil der auftretenden  
15 Belastungen und verhindert eine Beschädigung angrenzender Bauteile und Komponenten. Es ist daher in der Regel lediglich ein Austausch des mindestens einen Opferelementes erforderlich, während die angrenzenden Bauteile und Komponenten unbeschädigt bzw. weitgehend unbeschädigt bleiben. Ein Austausch dieser Bauteile ist deshalb in der Regel nicht erforderlich, was wesentlich zu einer  
20 Reduzierung von Reparaturkosten beiträgt bzw. sogar einen Totalschaden vermeidet. Auf diese Weise kann im Falle eines leichteren Crashes die Schadensintensität erheblich reduziert und der Schaden begrenzt werden. Ferner können die Bauteile oder Komponenten, die mit der erfindungsgemäßen Verbindungsvorrichtung miteinander verbunden werden, nunmehr leichter und mit  
25 weniger Verstärkungen ausgestaltet werden, was zu nicht unerheblichen Gewichtseinsparungen führt. Dies ist besonders in der Luftfahrzeugtechnik von Vorteil.

Insgesamt gestattet die erfindungsgemäße Verbindungsvorrichtung somit eine  
30 hinsichtlich der Crash-Sicherheit verbesserte Verbindung von zwei oder mehreren Bauteilen oder Komponenten.

Weitere bevorzugte und vorteilhafte Ausgestaltungsmerkmale der erfindungsgemäßen Verbindungsvorrichtung sind Gegenstand der Unteransprüche 2 bis 15.

- 5 Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird gemäß einem zweiten Aspekt gelöst durch ein erfindungsgemäßes Drehflügelflugzeug, insbesondere ein Hubschrauber, nach Anspruch 16, umfassend mindestens eine stoßabsorbierende, lastbegrenzende Verbindungsvorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 15.

10

Die stoßabsorbierende, lastbegrenzende Verbindungsvorrichtung ist hierbei vorzugsweise in einem Bereich zwischen einer Zelle und einem Triebwerk des Drehflügelflugzeugs bzw. zwischen der Zelle und einer dem Triebwerk zugeordneten Getriebeeinheit angeordnet.

15

Aufgrund der erfindungsgemäßen Lösung kann ein hinsichtlich der Crash-Sicherheit verbessertes Drehflügelflugzeug bereitgestellt werden. So ist es möglich, die destruktive Einwirkung von massiven und schweren Strukturkomponenten, wie beispielsweise eines oberhalb der Fluggastzelle angeordneten Getriebes, welches  
20 mittels der erfindungsgemäßen Verbindungsvorrichtung mit der Zelle verbunden ist, zu reduzieren. Denn im Crashfall werden die durch hohe negative Beschleunigungen am Getriebe erzeugten Lasten von dem mindestens einen Opferelement der erfindungsgemäßen Verbindungsvorrichtung aufgenommen und weitgehend absorbiert. Somit lässt sich die Lasteinwirkung auf die Zellenstruktur  
25 begrenzen. Daraus resultiert wiederum eine weitaus geringe Belastung der gesamten Zellenstruktur bzw. angrenzender Zellenstrukturen, wie zum Beispiel der Spanten. Übermäßige Beschädigungen der Zelle können daher vermieden werden.

Anders als beim Stand der Technik sind folglich auch keine massiven  
30 Strukturverstärkungen, die zu unerwünschten hohen Strukturgewichten führen, erforderlich. Dadurch ist eine Reduzierung des Strukturgewichtes erzielbar. Gleichzeitig wird das sich aus oberhalb der Zelle angeordneten schweren

Strukturkomponenten ergebende Gefährdungspotential für innerhalb der Zelle befindliche Fluggäste im Crashfall nicht unerheblich gesenkt. Die Sicherheit und Überlebenswahrscheinlichkeit von Piloten, Besatzungsmitgliedern und Passagieren wird folglich erhöht. Bezüglich weiterer Vorteile wird auf die Ausführungen zu der erfindungsgemäßen Verbindungsvorrichtung verwiesen.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung mit zusätzlichen Ausgestaltungsdetails und weiteren Vorteilen sind nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher beschrieben und erläutert.

10

### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Es zeigt:

- 15 Fig. 1 eine schematische Perspektivansicht einer erfindungsgemäßen Verbindungsvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform in einem ersten Belastungszustand;
- 20 Fig. 2 eine schematische Perspektivansicht der erfindungsgemäßen Verbindungsvorrichtung von Fig. 1 in einem teilweise demontierten Zustand, zur Veranschaulichung weiterer Details;
- 25 Fig. 3 eine schematische Perspektivansicht der erfindungsgemäßen Verbindungsvorrichtung von Fig. 1 in einem zweiten Belastungszustand;
- Fig. 4 eine schematische Längsschnittansicht einer erfindungsgemäßen Verbindungsvorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform;
- 30 Fig. 5 eine schematische Schnittansicht der erfindungsgemäßen Verbindungsvorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform entlang der Linie V-V in Fig. 4;

Fig. 6 eine schematische Längsschnittansicht einer erfindungsgemäßen Verbindungsvorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform;

5 Fig. 7 eine schematische Schnittansicht der erfindungsgemäßen Verbindungsvorrichtung gemäß der dritten Ausführungsform entlang der Linie VII-VII in Fig. 6;

10 Fig. 8 ein schematisches Diagramm zur Veranschaulichung des Last-Verformungsverhaltens von Opferelementen der erfindungsgemäßen Verbindungsvorrichtung; und

Fig. 9a bis 9 d jeweils einen schematischen Längsschnitt durch ein sog. getriggertes Opferelement der erfindungsgemäßen Verbindungsvorrichtung.

15

#### DARSTELLUNG VON BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELEN

In der nachfolgenden Beschreibung und in den Figuren werden zur Vermeidung von Wiederholungen gleiche Bauteile und Komponenten auch mit gleichen  
20 Bezugszeichen gekennzeichnet, sofern keine weitere Differenzierung erforderlich ist.

Fig. 1 zeigt eine schematische Perspektivansicht einer erfindungsgemäßen Verbindungsvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform in einem ersten Belastungszustand, der einem Zustand unter normalen Belastungsbedingungen (kein Crash) entspricht. Mehrere solcher Verbindungsvorrichtungen werden im vorliegenden Beispiel dazu verwendet, eine oberhalb einer Hubschrauberzelle angeordnete Getriebe-Triebwerks-Einheit mit der Zelle zu verbinden. Diese Komponenten sind der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt. Da die Verbindungsvorrichtungen gleichartig ausgebildet sind, wird nachfolgend nur eine  
25 einzelne Verbindungsvorrichtung beschrieben werden.  
30

Die Verbindungsvorrichtung umfasst eine erste und eine zweite Verbindungsstruktur, die relativ zueinander beweglich sind. Die erste Verbindungsstruktur 2 ist im vorliegenden Fall als ein aus einem Metallwerkstoff hergestelltes gehäuseartiges Gebilde ausgestaltet, welches nachfolgend kurz Gehäuse 2 genannt wird. Das Gehäuse 2 besitzt eine Bodenwand 4 mit einem laschenartigen Fortsatz 6. Die Bodenwand 4 bildet einen Befestigungsabschnitt für einen Spant-Anschluss der Hubschrauberzelle. Ferner weist das Gehäuse 2 zwei Seitenwände 8, 10 auf, die an ihrer Oberseite jeweils einen nach außen abgewinkelten Wandungsabschnitt 12, 14 besitzen, der einen Anschluss für ein an der Zelle angreifendes Zugblech (nicht gezeigt) bildet. Zwischen den Seitenwänden 8, 10 und unterhalb der abgewinkelten Wandungsabschnitte 12, 14 befindet sich ein Zwischenboden 16, welcher an seiner Unterseite durch zwei Stege 18, 20 abgestützt ist, die auf der Bodenwand 4 ruhen. An der in der Fig. 1 im Hintergrund dargestellten Rückseite des Gehäuses 2 ist ein Flansch 22 für eine Triebwerks-Montageschiene (nicht dargestellt) ausgebildet.

Die zweite Verbindungsstruktur ist in Form einer rechteckigen Grundplatte 24 ausgebildet, welche zwischen den beiden Seitenwänden 8, 10 beweglich im Gehäuse 2 gelagert ist. Die Grundplatte 24 besitzt zwei nach unten abgewinkelte Seitenabschnitte 26, 28, die sich parallel und im wesentlichen spielfrei entlang der Seitenwände 8, 10 erstrecken. Die Oberseite der Grundplatte 24 bildet einen Befestigungsabschnitt für eine Strebe (nicht gezeigt), mit der die Getriebe-Triebwerkseinheit über die erfindungsgemäße Verbindungsvorrichtung hinweg mit der Hubschrauberzelle verbunden ist. In einem normalen Belastungszustand der Verbindungsvorrichtung ist die Oberseite der Grundplatte 24 im wesentlichen bündig mit der Oberseite der abgewinkelten Wandungsabschnitte 12, 14 ausgerichtet.

Wie in der Fig. 1 des Weiteren erkennbar ist, sind in jeder Seitenwand des Gehäuses 2 zwei parallel zueinander verlaufende Langlöcher 30, 30 vorgesehen, die sich von oben nach unten erstrecken. Ferner sind die abgewinkelten Seitenabschnitte 26, 28 der Grundplatte 24 jeweils mit zwei Bohrungen versehen, welche mit den Langlöchern 30, 30 fluchten. Durch ein jeweiliges Langloch 30 und eine jeweilige Bohrung hindurch ist ein Schraubbolzen 32 gesteckt und gesichert.

Die Schraubbolzen 32 sind im Bereich der Wandstärke der Seitenwände 8, 10 auf Scherung belastbar. Bei der in Fig. 1 gezeigten Anordnung und Position der Grundplatte 24 ist unterhalb der Schraubbolzen 32 eine Scherbrücke 34 in einem jeweiligen Langloch 30 vorgesehen. Dies ist im „Detail Y“ in der Fig. 1 schematisch angedeutet.

Im normalen Belastungszustand der Vorrichtung ist aufgrund der durch die Bolzen 32 und die Scherbrücke 34 gebildeten Sicherung also keine Bewegung der Grundplatte 24 relativ zu dem Gehäuse 2 möglich. Die Grundplatte 24 ist vielmehr in der in Fig. 1 gezeigten Position fest am Gehäuse 2 fixiert. Das bedeutet, dass sämtliche, in einem normalen Flugbetrieb des Hubschraubers von dessen Rotoren, Triebwerk bzw. Getriebe über die Strebe auf die Hubschrauberzelle und umgekehrt wirkende Lasten reib- und formschlüssig durch die Bolzen- und Scherbrückenverbindung übertragbar sind. Mit anderen Worten, das Gehäuse 2 und die Grundplatte 24 bilden in diesem Zustand eine feste, unbewegliche Einheit. Wird im Falle eines Crashes jedoch die Belastung so groß, dass sie die durch die Bolzen- und Scherbrückenverbindung erzielte maximale Haltekraft überschreitet, so wird die Wirkung der reib- und formschlüssigen Verbindung überwunden und die Scherbrücke 34 durchgeschert. Die Grundplatte 24 ist dann im Gehäuse 2 beweglich.

Wie aus der Fig. 1 überdies hervorgeht, ist zwischen der Unterseite der Grundplatte 24 und der Oberseite des Zwischenbodens 16 ein stoßabsorbierendes, stoßlastbegrenzendes Opferelement 36 angeordnet. Dieses Opferelement 36 ist ring- bzw. rohrförmig ausgebildet und besitzt eine zylindrische Innen- und Außenkontur und eine im wesentlichen konstante Wandstärke. Bei dem rohrförmigen Opferelement 36 handelt es sich im vorliegenden Beispiel um ein getriggertes (zur Erläuterung siehe Ausführungen zu Fig. 9a - 9d) Faserverbundwerkstoff-Rohr aus einem gewickelten Kohlefaserverbundwerkstoff. Das rohrförmige Opferelement 36 ist so ausgelegt und dimensioniert, dass es sich bei Erreichen einer vorbestimmten, in Axialrichtung des Rohres wirkenden

Maximallast, die größer als die maximale Haltekraft ist, verformt und durch die Maximallast zerstört wird.

Im normalen Belastungszustand, d.h., wenn die maximale Haltekraft nicht  
5 überschritten wird, ist das Opferelement 36 aufgrund der wirksamen Bolzen- und  
Scherbrückenverbindung 32, 34 im wesentlichen belastungsfrei zwischen der  
Grundplatte 24 und dem Zwischenboden 16 des Gehäuses 2 gehalten. Die  
rechteckige Grundplatte 24, die zwischen den Seitenwänden 8, 10 eingepasst ist,  
fungiert in Zusammenwirkung mit den Seitenwänden 8, 10 zudem als eine  
10 Verdrehsicherung, welche eine Drehbelastung des Opferelementes 36 verhindert.

In der Fig. 2, die eine schematische Perspektivansicht der erfindungsgemäßen  
Verbindungsanordnung von Fig. 1 in einem zur Veranschaulichung teilweise  
demontierten Zustand zeigt, in dem das Opferelement 36 entfernt ist, sind weitere  
15 Details ersichtlich.

An der Unterseite der Grundplatte 24 und fest mit dieser verbunden ist ein solider  
Führungsbolzen 38 vorgesehen, welcher sich im betriebsbereiten Zustand der  
erfindungsgemäßen Verbindungsanordnung (siehe Fig. 1) innerhalb des  
20 rohrförmigen Opferelementes 36 und zentrisch durch dieses hindurch erstreckt. An  
seinem unteren Ende greift der Führungsbolzen 38 passend in eine Durchgangs-  
und Führungsöffnung 40 ein, welche im Bereich zwischen den zwei Stegen 18, 20 in  
dem Zwischenboden 16 vorgesehen ist. Die Länge des Führungsbolzens 38 ist so  
gewählt, dass dieser im normalen Belastungszustand der Vorrichtung geringfügig  
25 nach unten aus der Durchgangs- und Führungsöffnung 40 herausragt (siehe Fig. 1  
und 2).

Das der Unterseite der Grundplatte 24 zugeordnete obere Ende des  
Führungsbolzens 38 besitzt einen ringförmigen Absatz 42, der als Positionierungs-  
30 und Zentrierungsabschnitt für das rohrförmige Opferelement 36 dient. Das  
Opferelement 36 kann somit leicht auf den ringförmigen Absatz 24 aufgesteckt  
werden, was die exakte Anbringung sowie den Austausch des Opferelements 36

erleichtert. Im betriebsbereit montierten Zustand der erfindungsgemäßen Verbindungsvorrichtung liegt die untere Stirnseite des rohrförmigen Opferelementes 36 an dem Zwischenboden 16 und die obere Stirnseite an dem ringförmigen Absatz 42 im wesentlichen spielfrei und belastungsfrei an. Der ringförmige Absatz 42 stellt  
5 hierbei gleichzeitig sicher, dass das Opferelement 36 nicht seitlich verrutscht.

Die Längsachse L1 des Führungsbolzens 38 verläuft parallel zu den Längsachsen L2 der Langlöcher 30, 30. Wird die Wirkung der Schraubbolzen 32 und der Scherbrücke 34 durch Überschreiten der maximalen Haltekraft aufgehoben, so ist  
10 die Grundplatte 24 also in Richtung dieser parallelen Längsachsen L1, L2 beweglich. Aufgrund der zuvor erläuterten Anordnung der Längsachsen L1, L2 wird somit für den Crashfall eine vorbestimmte Längsbewegungsrichtung V der Grundplatte 24 definiert, die einer während des Crashes zu erwartenden Hauptbelastungsrichtung bzw. Stoß-Hauptrichtung entspricht. Der Führungsbolzen 38 ist mit der Grundplatte  
15 24 in Längsbewegungsrichtung V mitbewegbar.

Bei der erfindungsgemäßen Verbindungseinrichtung gemäß der ersten Ausgestaltungsform bildet der Führungsbolzen 38 in Verbindung mit der Durchgangs- und Führungsöffnung 40 ein bezogen auf die  
20 Längsbewegungsrichtung V querkraftaufnehmendes Führungselement. Ferner bilden die Innenseiten 8a, 10a der beiden Seitenwände 8, 10, zwischen denen die Grundplatte 24 eingepasst ist, in Verbindung mit den Langlöchern 30, 30 und den Schraubbolzen 32, an denen die Grundplatte 24 fixiert ist, eine querlastabtragende Führungsbahn für die Grundplatte 24. Die Grundplatte 24 ist durch die so  
25 geschaffene Führungseinrichtung folglich sowohl an dem Führungsbolzen 38 als auch der Führungsbahn 8a, 10a, 30, 30 in Querrichtung bzw. seitlicher Richtung abgestützt in Längsbewegungsrichtung V verschiebbar und kann bei voranschreitender Bewegung eine Druckbelastung auf das Opferelement 36 ausüben und dieses verformen und zerstören. Die Führung und Querkraftabstützung  
30 verhindert hierbei, dass das Opferelement 36 während der zuvor genannten Vorgänge mit einer bezogen auf die Längsbewegungsrichtung V seitlichen bzw. quer



gerichteten Kraftkomponente beaufschlagt wird und kippen bzw. ungleichmäßig belastet werden kann.

In Anbetracht der zuvor erläuterten Konstruktion ist ersichtlich, dass die  
5 querkraftabtragende Wirkung des Führungsbolzens 38 und der Führungsbahn 8a, 10a, 30, 30 im vorliegenden Fall jedoch auch im normalen Belastungszustand vorhanden ist. Dies bedeutet, dass das Opferelement 36 sowohl in einem normalen Betriebszustand als auch unter Crashbedingungen, wenn es verformt und zerstört wird, vom Querlastpfad der querkraftaufnehmenden Führungselemente 38, 40; 8.2,  
10 10.2 entkoppelt zwischen der Unterseite der Grundplatte 24 und der Oberseite des Zwischenbodens 16 angeordnet ist.

Fig. 3 zeigt eine schematische Perspektivansicht der erfindungsgemäßen Verbindungsvorrichtung von Fig. 1 in einem zweiten Belastungszustand, welcher  
15 einem Zustand während eines Crashes entspricht. Aus Gründen der besseren Übersicht ist auch in dieser Figur die Darstellung des Opferelementes 36 weggelassen worden. Im Crashfall werden aufgrund der auftretenden sehr hohen Beschleunigungskräfte große Belastungen auf die Grundplatte 24 ausgeübt. Die maximale Haltekraft der Bolzen- und Scherbrückenverbindung 32, 34 wird  
20 überschritten und die Scherbrückenverbindung 34 zerstört. Die Grundplatte 24 ist nunmehr frei in Längsbewegungsrichtung V beweglich, und verschiebt sich ausgehend von der in den Fig. 1 und 2 skizzierten Position nach unten (Fig. 3). Hierbei wird die Grundplatte 24 über den Führungsbolzen 38, die in den Langlöchern 30, 30 laufenden Bolzen und die Innenseiten 8a, 10a der Seitenwände 8, 10 geführt und seitlich, d.h. in Querrichtung abgestützt. Bei ihrer Verschiebung drückt die  
25 Grundplatte 24 auf das rohrförmige Opferelement 36. Bei Erreichen einer bestimmten Maximallast wird das Opferelement 36 stark verformt und schließlich zerstört. Hierbei nimmt es eine hohe Energie auf und entfaltet seine stoßabsorbierende, lastbegrenzende Wirkung. Während des Verformungs- und  
30 Zerstörungsvorgangs erfährt das Opferelement 36 durch die besagten Führungselemente die bereits weiter oben beschriebene stabilisierende Führungs- und Stützwirkung.

In Fig. 4 ist eine schematische Längsschnittansicht einer erfindungsgemäßen Verbindungsvorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform dargestellt. Fig. 5 zeigt eine schematische Schnittansicht der erfindungsgemäßen Verbindungsvorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform entlang der Linie V-V in Fig. 4. Die Verbindungsvorrichtung besitzt wiederum eine erste 44 und eine zweite Verbindungsstruktur 46, die unter einer senkrechten Last  $F_V$  in einer senkrechten Verschiebungsrichtung, welche einer vorbestimmten Längsbewegungsrichtung  $V$  entspricht, relativ zueinander beweglich sind. Zwischen den Verbindungsstrukturen 44, 46 ist ein rohr- bzw. ringförmiges Opferelement 36 aus einem negativ getriggerten Faserverbundrohr angeordnet (vgl. hierzu auch Fig. 9c).

Als querkraftaufnehmendes Führungselement dienen in diesem Fall zwei gleichartige, in der senkrechten Richtung leicht zusammendrückbare und in Querrichtung dazu schubsteife Federelemente 48, die bezogen auf die Darstellung in der Fig. 4 in einer horizontalen Eben jeweils eine hohe quasiisotrope Quersteifigkeit besitzen und spiegelbildlich und symmetrisch übereinander angeordnet sind. Das in der Fig. 4 obere Federelement 48 ist an der oberen Verbindungsstruktur 46 und das untere Federelement 48 an der unteren Verbindungsstruktur 44 fixiert. Die Fixierung erfolgt zum Beispiel mit Hilfe von nicht gezeigten Schrauben, Nieten, einer Verklebung oder dergleichen. Die Federelemente 48, 48 sind in der Lage, hohe zwischen der ersten und zweiten Verbindungsstruktur zu übertragen.

Wie besonders deutlich in Fig. 5 zu erkennen ist, besitzen die Federelemente 48, 48 jeweils zwei konzentrische Ringelemente 50, 52 bzw. Ringscheibenelemente mit unterschiedlichen Durchmessern, die coaxial in senkrechter Richtung voneinander beabstandet und über mindestens drei gleichmäßig über den jeweiligen Ringdurchmesser verteilte, gegenüber der Horizontalen (Querrichtung) um einem Winkel  $\alpha$  (siehe Fig. 4) geneigte Stege oder Speichen 54 miteinander verbunden sind. Über ihre inneren Ringscheibenelementen 50 sind die beiden Federelemente 48, 48 fest miteinander verbunden. Dies kann zum Beispiel über nicht gezeigte

Verschraubungen oder Klebungen, Nietungen oder dergleichen erfolgen. Die jeweils zwei mit den drei Stegen 54 verbundenen Ringscheibenelemente 50, 52 eines jeweiligen Federelementes 48, 48 stellen eine in senkrechter Richtung leicht verformbare Struktur dar. Wird der Winkel  $\alpha$  verringert, so reduziert sich die

5 Bauhöhe des Federelementes 48 und seine Federkonstante, d.h. das Federelement 48 wird „weicher“. Zur Überbrückung einer vorbestimmten Höhe bzw. eines senkrechten Abstandes zwischen den beiden Verbindungsstrukturen 44, 46 mit Hilfe von Federelementen 48, welche einen kleinen Winkel  $\alpha$  besitzen, ist im Vergleich zu Federelementen 48 mit einem größeren Winkel  $\alpha$  also in der Regel eine höhere

10 Anzahl von Federelementen 48 erforderlich.

Das rohrförmige Opferelement 36 ist koaxial innerhalb der inneren Ringscheibenelemente 50 der Federelemente 48, 48 angeordnet. Es wird also von den Federelementen 48, 48 umgeben und besitzt dadurch eine außenliegende

15 Führungsstruktur. Durch das rohrförmige Opferelement 36 hindurch erstreckt sich ein Zuganker 56, der im vorliegenden Beispiel nur zur Aufnahme von Zugkräften dient. Der Zuganker 56 könnte ähnlich wie in der Variante gemäß den Fig. 1 bis 3 jedoch auch als zusätzliches Führungselement ausgebildet werden.

Fig. 6 zeigt eine schematische Längsschnittansicht einer erfindungsgemäßen Verbindungsvorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform. In Fig. 7 ist eine schematische Schnittansicht der dritten Ausführungsform entlang der Linie VII-VII in Fig. 6. Die dritte Ausführungsform entspricht weitgehend der zweiten Ausführungsform gemäß den Fig. 4 und 5. Im Gegensatz dazu sind die als

20 querkraftaufnehmende Führungselemente dienenden Federelemente 48, 48 jedoch innerhalb des Opferelementes 36 angeordnet. Das Opferelement 36 besitzt also eine innenliegende Führungsstruktur.

25

Fig. 8 zeigt ein schematisches Diagramm zur Veranschaulichung des Last-Verformungsverhaltens von Opferelementen der erfindungsgemäßen Verbindungsvorrichtung. Genauer gesagt, ist in dem Diagramm das Last-Verformungsverhalten von einem Glasfaserverbundrohr und von drei Stahlrohren

30

dargestellt. Es ist erkennbar, dass das Glasfaserverbundrohr ein besseres Kraftspitzenverhältnis als die Metallrohre zeigt. In Versuchen wurde festgestellt, dass Zylinder aus Faserverbunden, insbesondere zylindrische Faserverbundrohre, das beste Kraftspitzenverhältnis bei höchster spezifischer Energieaufnahme besitzen. Opferelemente in Form von Faserverbundrohren stellen somit die effektivsten stoßabsorbierenden, stoßlastbegrenzenden Elemente dar und sind im Rahmen der vorliegenden Erfindung bevorzugt. Grundsätzlich können jedoch auch andere stoßabsorbierenden, stoßlastbegrenzenden Elemente als Opferelemente Anwendung finden, so zum Beispiel Aluminiumrohre, Aluminium-Waben-Verbundrohre, Zellulare Verbundstrukturen sowie Sandwich-Verbundelemente.

Fig. 9a bis 9 d zeigen jeweils einen schematischen Längsschnitt durch ein sog. getriggertes Opferelement der erfindungsgemäßen Verbindungsvorrichtung. Trigger-Konzepte werden zur Vermeidung überhöhter Spitzenkräfte angewendet (vgl. Diagramm in Fig. 8). Sie dienen zur Definition des Bruchanfangs und der Höhe der Spitzenkraft. Durch ein getriggertes Opferelement 36 kann die Spitzenkraft reduziert werden. Fig. 9a zeigt eine getriggerte rohrförmiges Opferelement 36 mit einem stirnseitigen schrägen Rohrabschnitt. Fig. 9b zeigt ein rohrförmiges Opferelement 36 mit einer positiven Triggerung, d.h. das Rohr besitzt eine konische Zuspitzung in Form einer stirnseitig angebrachten, außen liegenden Fase. Fig. 9c zeigt ein rohrförmiges Opferelement 36 mit einer negativen Triggerung, d.h. das Rohr besitzt eine Zuspitzung in Form einer stirnseitig angebrachten, innen liegenden Fase. Fig. 9d zeigt ein rohrförmiges Opferelement 36 mit einer Triggerung in „Tulpenform“, d.h. das Rohr besitzt eine Zuspitzung in Form von zwei stirnseitig und symmetrisch angebrachten schrägen Rohrabschnitten; die Schnittebenen überschneiden sich hierbei in der durch eine gestrichelte Linie angedeuteten Längsachse des rohrförmigen Opferelementes .

Die Erfindung ist nicht auf die obigen Ausgestaltungsbeispiele, die lediglich der allgemeinen Erläuterung des Kerngedankens der Erfindung dienen, beschränkt. Im Rahmen des Schutzzumfangs kann die erfindungsgemäße Verbindungsvorrichtung vielmehr auch andere als die oben konkret beschriebenen Ausgestaltungsformen

annehmen. So ist es beispielsweise möglich, die gehäuseartige Verbindungsstruktur, wie sie in Zusammenhang mit den Fig. 1 bis 3 beschrieben wurde, auch als vollgekapseltes Gehäuse auszugestalten, so dass bei einer Zerstörung des Opferelementes keine umherfliegenden Splitter oder dergleichen austreten können. Die mindestens zwei Verbindungsstrukturen, zwischen denen das Opferelement angeordnet ist, können auch als teleskopartig ineinander schiebbare Bauteile ausgestaltet sein, wobei das Opferelement zum Beispiel innerhalb der Bauteile angeordnet ist. Bei dieser Konstruktionsweise ist es möglich, dass die teleskopartig ineinander schiebbaren Bauteile gleichzeitig die Funktion eines quer- bzw. seitenkraftaufnehmenden Führungselementes sowie ggf. einer Verdrehsicherung übernehmen.

Obwohl in den obigen Ausführungsbeispielen ein rohr- bzw. ringförmiges Opferelement mit einer im wesentlichen konstanten Wandstärke beschrieben wurde, können überdies auch andersartig geformte Opferelemente zur Anwendung kommen. So sind beispielsweise auch konische Rohre oder Rohre mit variierenden Wandstärken oder anderen symmetrischen oder asymmetrischen Querschnittsformen denkbar. Auch mehrere, ineinander geschachtelte Rohrelemente gleicher oder unterschiedlicher Längen sind realisierbar. Überdies sind Opferelemente verwendbar, die keine Rohrform besitzen. Je nach Ausgestaltung des querkraftaufnehmenden Führungselementes kann das Opferelement ferner vollständig durch das Führungselement oder durch das Führungselement und die beiden Verbindungsstrukturen eingeschlossen sein.

Obwohl zuvor eine Anwendung der erfindungsgemäßen Verbindungsvorrichtung für ein Drehflügelflugzeug, nämlich einen Hubschrauber, beschrieben wurde, ist die Erfindung nicht ausschließlich auf eine solche Verwendung beschränkt. Die erfindungsgemäße Verbindungsvorrichtung kann grundsätzlich auch für Tragflächenflugzeuge oder sogar für Land- und Wasserfahrzeuge oder Spezialmaschinen eingesetzt werden. So ist es beispielsweise denkbar, die erfindungsgemäße Verbindungsvorrichtung in einem Automobil in horizontaler Anordnung zwischen Motor und einer benachbarten Chassis-Struktur einzubauen,

um auf diese Weise bei Auffahrunfällen oder dergleichen eine erhöhte Crashsicherheit zu erzielen.

5 Bezugszeichen in den Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen dienen lediglich dem besseren Verständnis der Erfindung und sollen den Schutzzumfang nicht einschränken.

**B zugsz ichenlist**

Es bezeichnen:

5

2 Erste Verbindungsstruktur / Gehäuse

4 Bodenwand

6 Laschenartiger Fortsatz

8 Seitenwand

10 8a Innenseite von 8

10 Seitenwand

10a Innenseite von 10

12 Abgewinkelter Wandungsabschnitt

14 Abgewinkelter Wandungsabschnitt

15 16 Zwischenboden

18 Steg

20 Steg

22 Flansch

24 Zweite Verbindungsstruktur / Grundplatte

20 26 Nach unten abgewinkelter Seitenabschnitt von 24

28 Nach unten abgewinkelter Seitenabschnitt von 24

30 Langlöcher

32 Schraubbolzen

34 Scherbrücke

25 36 Rohrförmiges Faserverbund-Opferelement

38 Führungsbolzen

40 Durchgangs- und Führungsöffnung

42 Ringförmiger Absatz / Positionierungs- und Zentrierungsabschnitt

44 Erste Verbindungsstruktur

30 46 Zweite Verbindungsstruktur

48 Federelement(e)

50 Inneres Ringscheibenelement von 48

- 52    Äußeres Ringscheibenelement von 48
- 54    Stege / Speichen von 48
- 56    Zuganker
  
- 5     $F_H$     Horizontale Kraft
- $F_V$     Senkrechte Last
- L1    Längsachse L1 von 38
- L2    Längsachsen von 30
- V    Vorbestimmte Längsbewegungsrichtung

10





### Patentansprüche

1. Stoßabsorbierende, lastbegrenzende Verbindungsvorrichtung, umfassend

5

- mindestens eine erste (2, 44) und mindestens eine zweite Verbindungsstruktur (24, 46), die relativ zueinander beweglich sind;

10

- eine Führungseinrichtung, welche die relativ zueinander beweglichen Verbindungsstrukturen (2, 44; 24, 46) in einer vorbestimmten Längsbewegungsrichtung (V), welche im Wesentlichen einer Stoß-Haupttrichtung entspricht, führt und mindestens ein bezogen auf die Längsbewegungsrichtung (V) querkraftaufnehmendes Führungselement (38, 40; 8a, 10a, 30, 32) besitzt; und

15

- mindestens ein stoßabsorbierendes, stoßlastbegrenzendes Opferelement (36), welches von einem Querlastpfad des querkraftaufnehmenden Führungselementes (8a, 10a, 30, 32; 38, 40; 48) entkoppelt zwischen der mindestens einen ersten (2, 44) und der mindestens einen zweiten Verbindungsstruktur (24, 46) angeordnet und bei Erreichen einer vorbestimmten, in Längsbewegungsrichtung (V) wirkenden Maximallast infolge einer zwischen den Verbindungsstrukturen (2, 44; 24, 46) auftretenden Relativbewegung verformbar und zerstörbar ist.

20

25

2. Verbindungsvorrichtung nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**

30

diese Befestigungsmittel (32, 34) aufweist, welche eine vorbestimmte Festhaltekraft besitzen und die Verbindungsstrukturen (2, 44; 24, 46) bei Belastungen, welche kleiner gleich der vorbestimmten Festhaltekraft sind, relativbewegungsfrei miteinander verbinden, und bei Belastungen, welche

größer als die vorbestimmte Festhaltekraft sind, die Relativbewegung zwischen den Verbindungsstrukturen (2, 44; 24, 46) zulassen.

3. Verbindungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,  
5 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
diese Mittel (32, 34) aufweist, welche in einem Belastungszustand der Verbindungsstrukturen (2, 44; 24, 46), welcher unterhalb der zerstörungsauslösenden Maximalkraft liegt, das Opferelement (36) in einem im wesentlichen unbelasteten Zustand zwischen den Verbindungsstrukturen  
10 (2, 44; 24, 46) halten.
4. Verbindungsvorrichtung nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,  
15 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
das Opferelement (36) rohrförmig ausgebildet ist.
5. Verbindungsvorrichtung nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,  
20 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
das rohrförmige Opferelement (36) ein getriggertes rohrförmiges Opferelement ist.
6. Verbindungsvorrichtung nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,  
25 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
rohrförmige Opferelement (36) aus Faserverbundwerkstoff, insbesondere einem gewickelten Faserverbundwerkstoff hergestellt ist.

7. Verbindungsvorrichtung nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
5 sich das querkraftaufnehmende Führungselement (38, 48) innerhalb des Opferelementes (36) erstreckt.
8. Verbindungsvorrichtung nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,  
10 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
das querkraftaufnehmende Führungselement (48) das Opferelement (36) umgibt.
9. Verbindungsvorrichtung nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,  
15 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
das querkraftaufnehmende Führungselement mindestens einen sich in Längsbewegungsrichtung (V) erstreckenden Führungsbolzen (38) umfasst, der an einer (24) der Verbindungsstrukturen (2, 24) fixiert und mit dieser  
20 Verbindungsstruktur (24) in Längsbewegungsrichtung (V) mitbewegbar ist und in eine an der jeweils anderen Verbindungsstruktur (24) vorgesehene Führungsöffnung (40) eingreift.
10. Verbindungsvorrichtung nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,  
25 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
das querkraftaufnehmende Führungselement mindestens ein in Längsbewegungsrichtung (V) leicht zusammendrückbares und in Querrichtung dazu hochbelastbares, schubsteifes Federelement (48) umfasst,  
30 welches zwischen den Verbindungsstrukturen (44, 46) angeordnet und an diesen fixiert ist.

11. Verbindungsvorrichtung nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das Federelement (48) mindestens zwei konzentrische Ringelemente (50, 52) mit unterschiedlichen Durchmessern umfasst, die in Längsbewegungsrichtung (V) voneinander beabstandet und über mindestens drei gleichmäßig über den jeweiligen Ringdurchmesser verteilte, gegenüber einer Querrichtung um einem Winkel ( $\alpha$ ) schräg stehende Stege (54) miteinander verbunden sind.

12. Verbindungsvorrichtung nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das querkräftaufnehmende Führungselement (48) eine quasiisotrope Quersteifigkeit besitzt.

13. Verbindungsvorrichtung nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das querkräftaufnehmende Führungselement mindestens eine querkräftaufnehmende Führungsbahn (8a, 10a; 30) für die mindestens eine erste (2) und/oder mindestens eine zweite Verbindungsstruktur (24) besitzt, an welcher Führungsbahn (8a, 10a; 30) die betreffende Verbindungsstruktur (24) in Querrichtung abgestützt in Längsbewegungsrichtung (V) verschiebbar ist.

14. Verbindungsvorrichtung nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das querkräftaufnehmende Führungselement (38) und/oder wenigstens eine der Verbindungsstrukturen mindestens einen Positionierungs- und/oder Zentrierungsabschnitt (42) für das Opferelement (36) besitzt.

15. Verbindungsvorrichtung nach einem oder mehreren der vorhergenannten Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

5 diese wenigstens eine Verdrehsicherung (24) besitzt, welche eine Drehbelastung des Opferelementes (36) verhindert.

16. Drehflügelflugzeug, insbesondere ein Hubschrauber, umfassend mindestens eine stoßabsorbierende, lastbegrenzende Verbindungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14.

17. Drehflügelflugzeug nach Anspruch 16,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

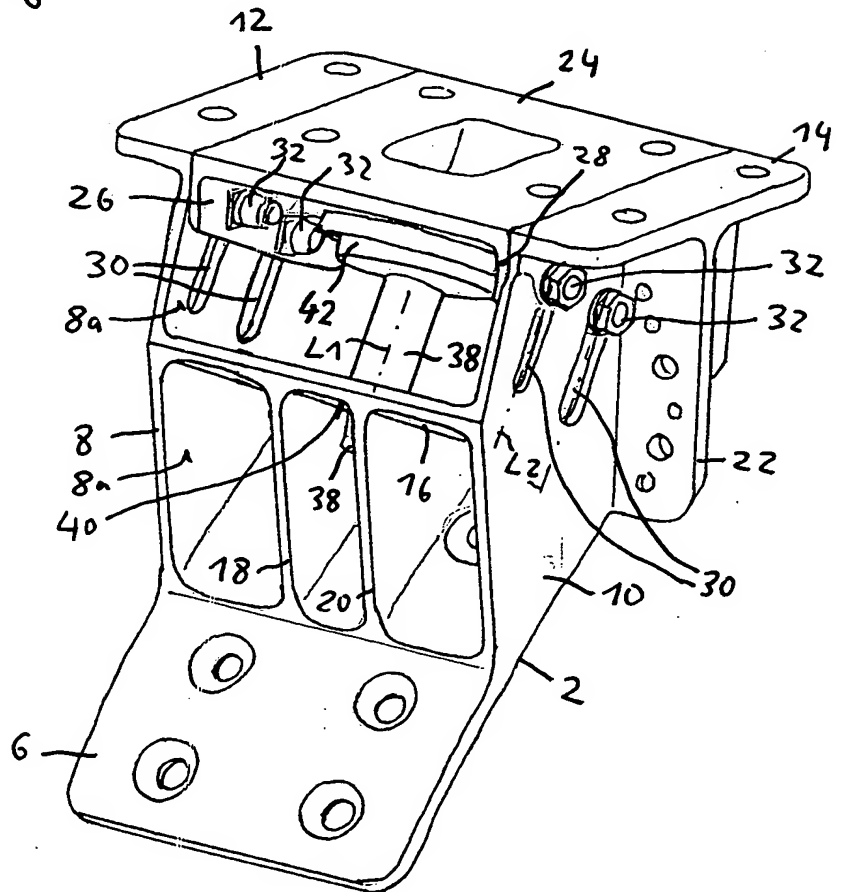
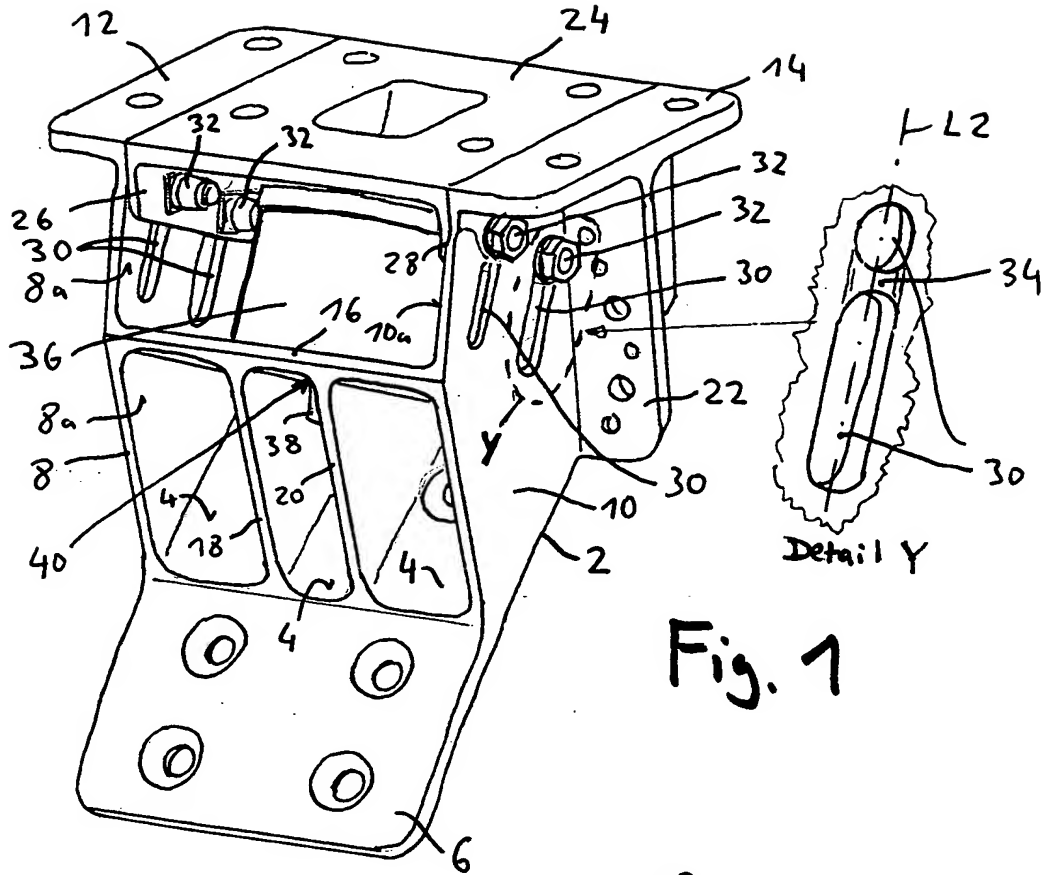
15 die stoßabsorbierende, lastbegrenzende Verbindungsvorrichtung in einem Bereich zwischen einer Zelle und einem Triebwerk des Drehflügelflugzeugs angeordnet ist.

### Zusamm nfassung

Stoßabsorbierende, lastbegrenzende Verbindungsvorrichtung, umfassend:  
5 mindestens eine erste (2, 44) und mindestens eine zweite Verbindungsstruktur (24, 46), die relativ zueinander beweglich sind; eine Führungseinrichtung, welche die relativ zueinander beweglichen Verbindungsstrukturen (2, 44; 24, 46) in einer vorbestimmten Längsbewegungsrichtung (V), welche im Wesentlichen einer Stoß-Hauptrichtung entspricht, führt und mindestens ein bezogen auf die  
10 Längsbewegungsrichtung (V) querkraftaufnehmendes Führungselement (38, 40; 8a, 10a, 30, 32) besitzt; und mindestens ein stoßabsorbierendes, stoßlastbegrenzendes Opferelement (36), welches von einem Querlastpfad des querkraftaufnehmenden Führungselementes (8a, 10a, 30, 32; 38, 40; 48) entkoppelt zwischen der mindestens einen ersten (2, 44) und der mindestens einen zweiten  
15 Verbindungsstruktur (24, 46) angeordnet und bei Erreichen einer vorbestimmten, in Längsbewegungsrichtung (V) wirkenden Maximallast infolge einer zwischen den Verbindungsstrukturen (2, 44; 24, 46) auftretenden Relativbewegung verformbar und zerstörbar ist. Drehflügelflugzeug, insbesondere ein Hubschrauber, mit mindestens einer solchen Verbindungsvorrichtung.

20

(Fig. 1)



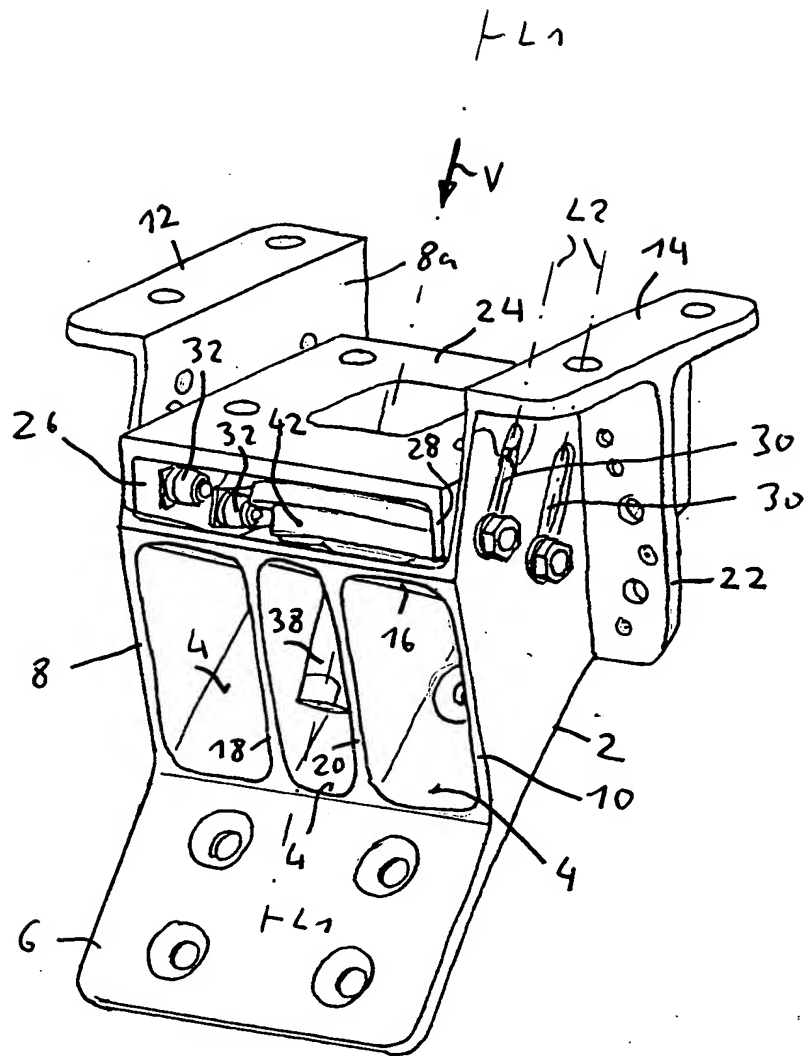


Fig. 3



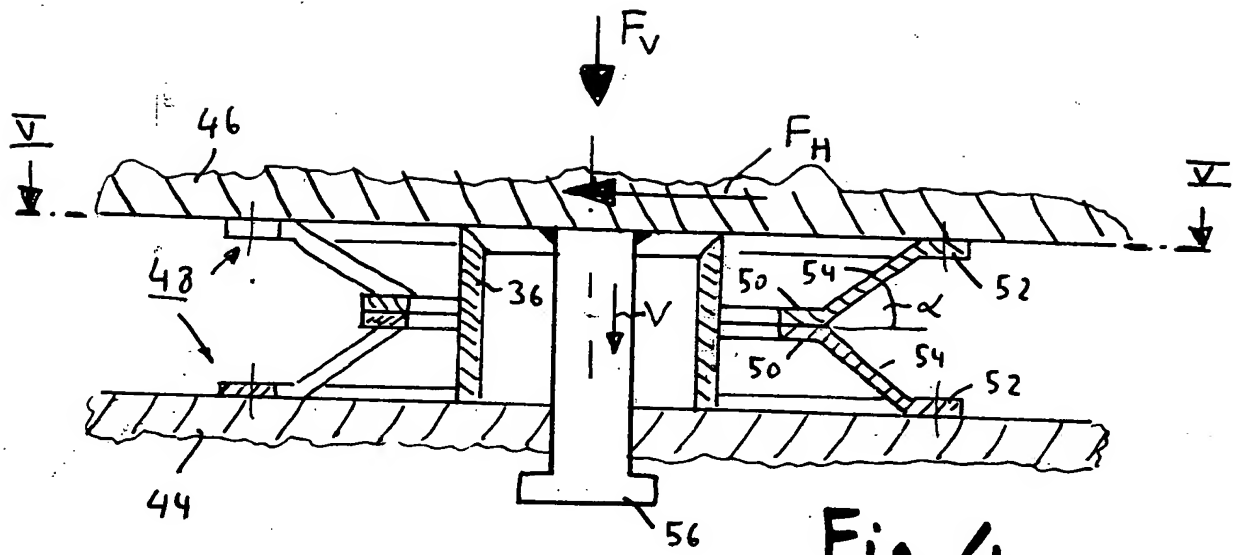


Fig. 4

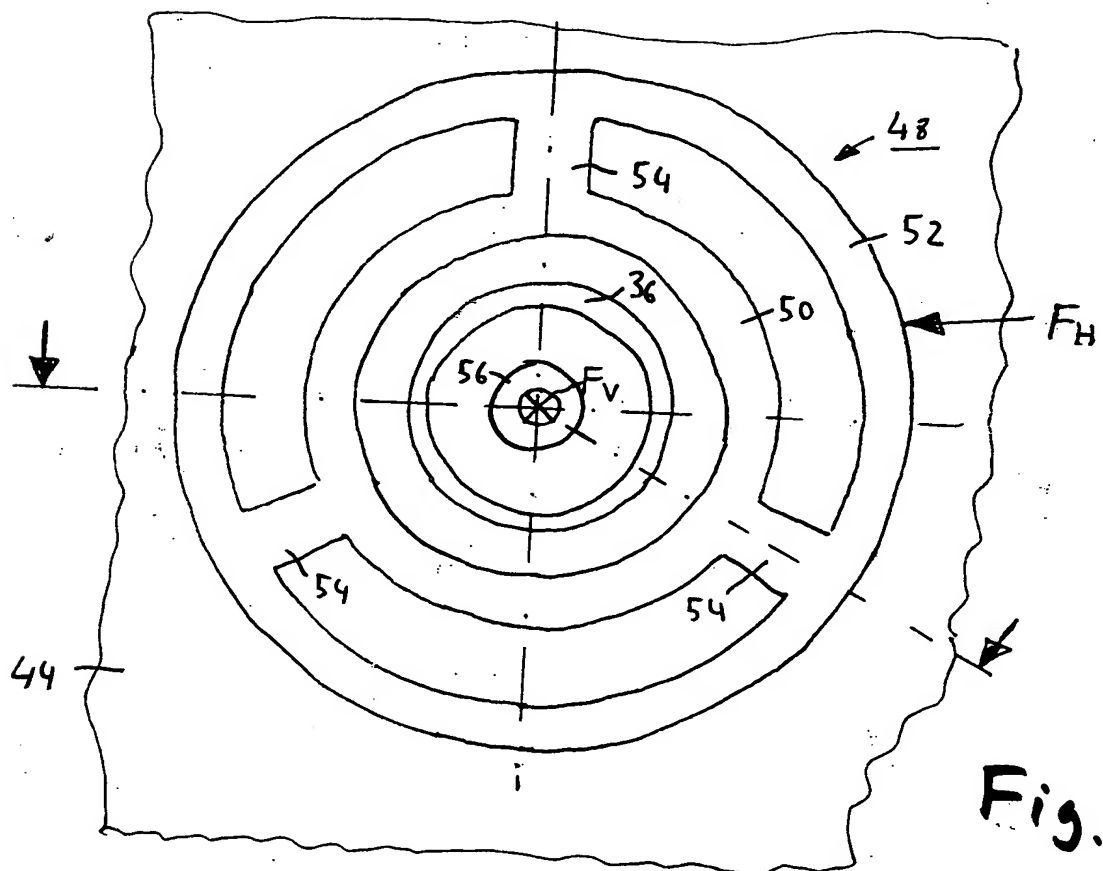


Fig. 5

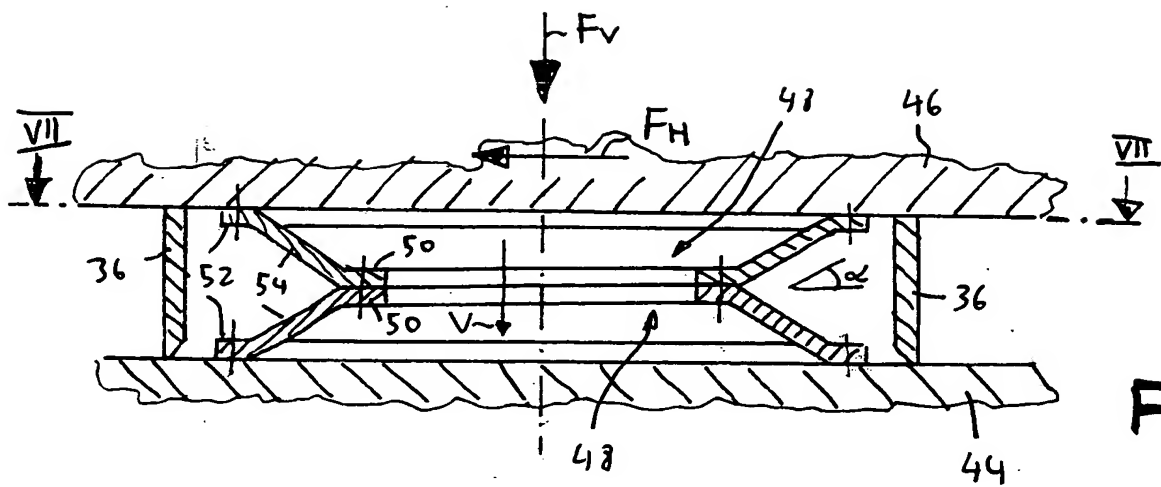


Fig. 6

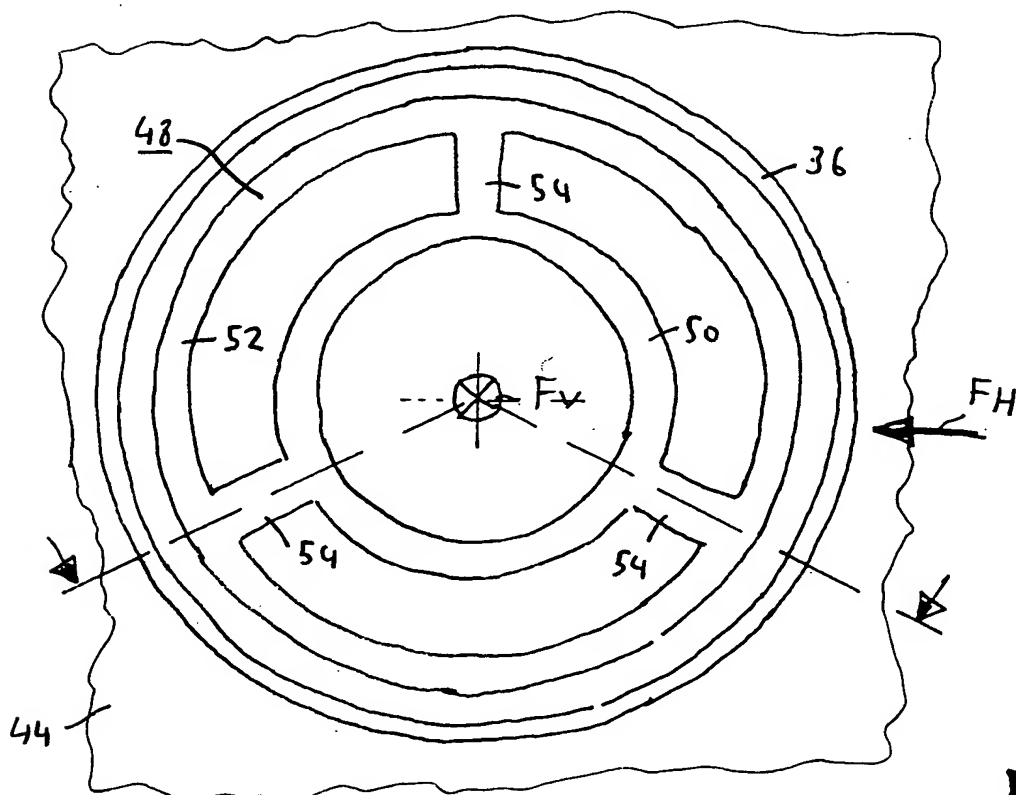


Fig. 7

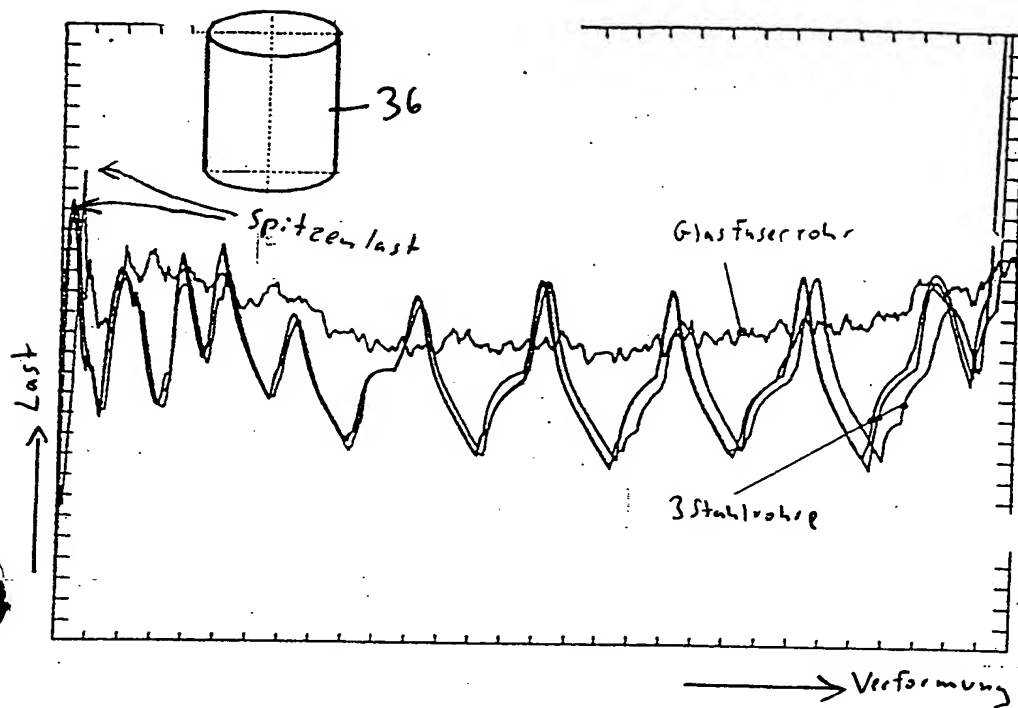


Fig. 8

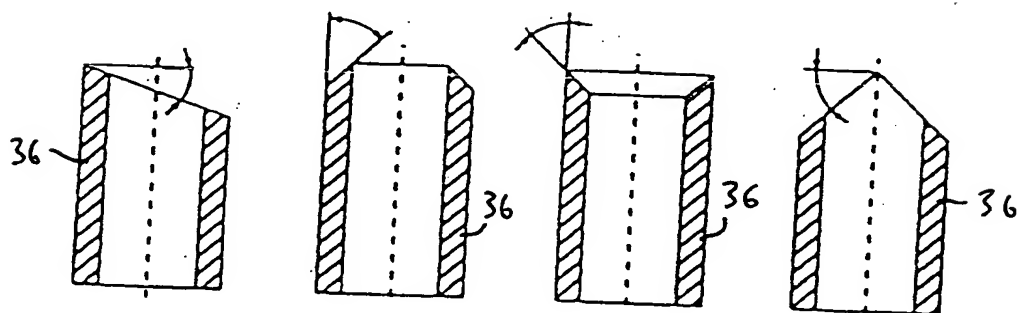


Fig. 9a

9b

9c

9d